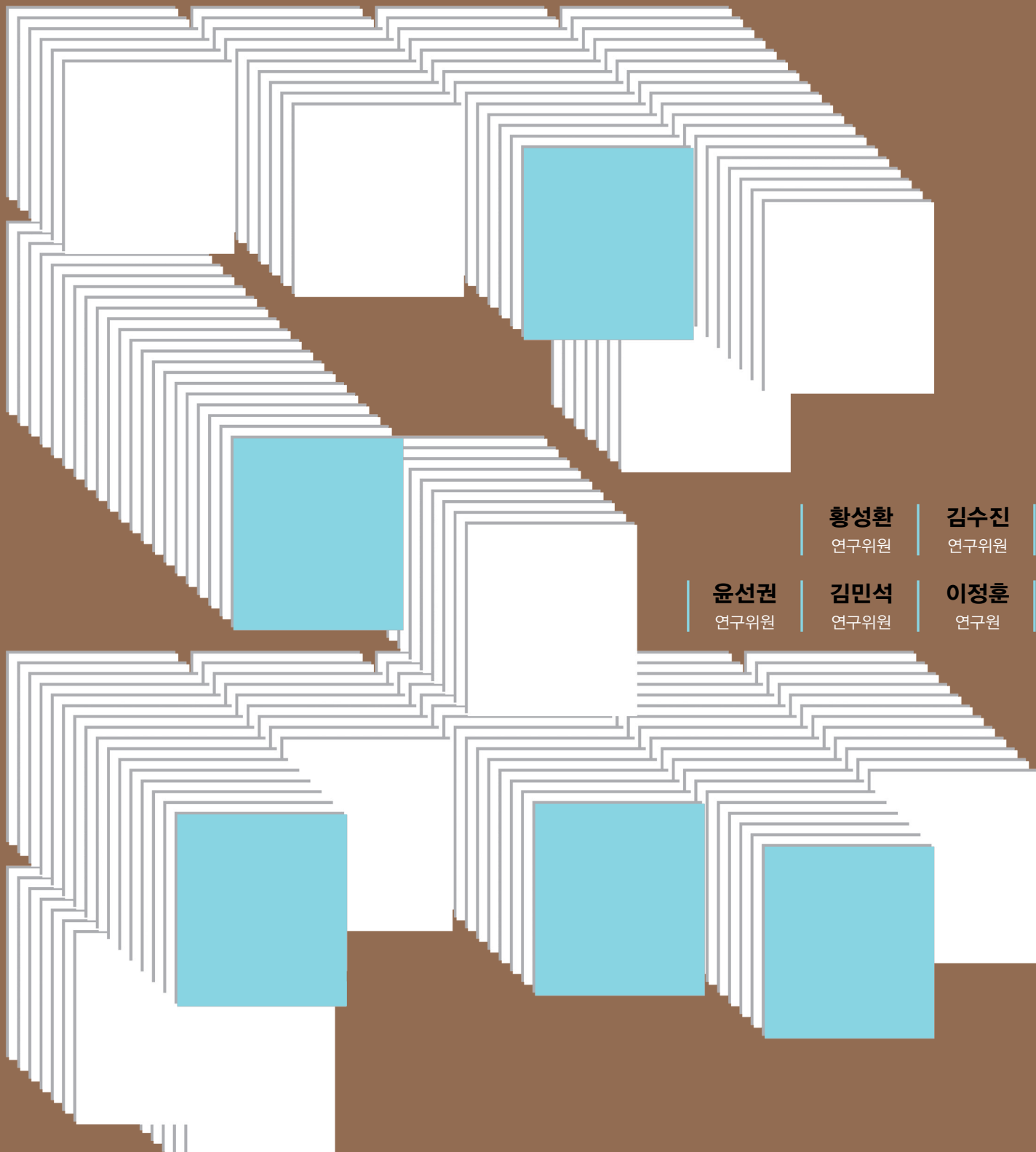


정책리포트

기술 분야

450호

2026. 7. 13.



황성환
연구위원

김수진
연구위원

윤선권
연구위원

김민석
연구위원

이정훈
연구원

실제 하천 흐름을 고려한
하천유지용수 공급량 산정방법 개선



실제 하천 흐름을 고려한 하천유지용수 공급량 산정방법 개선

황성환 연구위원	김수진 연구위원	윤선권 연구위원	김민석 연구위원
02-2144-2925	02-2149-1288	02-2144-2924	02-2144-2956
shhwang@si.re.kr	sujinkim@si.re.kr	skyoon@si.re.kr	minseok@si.re.kr
이정훈 연구원			
02-2144-2935			
junghun@si.re.kr			

요약	3
I. 하천유지용수 공급량 산정 현황 및 문제점	4
II. 분석 대상 하천 현황	7
III. 하천 조사 방법 및 실제 하천 모의방법 개선	10
IV. 하천유지용수 공급량 산정방법 개선방안	18

요약

하천유지용수 공급량, 즉 하천유지유량 산정방법은 실제 하천 흐름을 최대한 반영하는 방향으로 개선되어 왔다. 그러나 하천 흐름의 실측이 어렵기 때문에 산정방법의 개선 효과를 정량적으로 파악하는데 한계가 있었다. 비록 고덕천 1개 하천이지만 실제 하천 흐름 추정 방법을 적용해 실제 하천 흐름 추정 가능성 및 정확성을 검토하고, 정밀한 수리모형 구축에 필요한 수 미터 단위 하천 단면 자료 확보 방법과 실제 하천 흐름 추정 절차를 제안하였다.

서울시는 수리·수질 모형을 활용하여 하천유지용수량을 재산정함

서울시는 그동안 경관 및 생태를 고려한 개념적 산정방법을 적용하여 22개 하천에 총 241,657㎥/일의 하천유지용수를 공급해 왔다. 그러나 기존 방법은 하천별 지형, 단면, 경사 등 실제 하천 특성을 충분히 반영하는 데 한계가 있었다. 이에 서울시는 2025년 「하천 및 도시관리용수 공급 기본계획」을 통해 수리모형을 활용한 하천유지용수량을 재산정하였으며, 그 결과 공급계획량은 822,680㎥/일로 증가하였다. 공급량 산정에 수리 모형을 활용하여 하천 특성은 반영하였지만, 실제 하천 흐름과 어느 정도 차이가 나는지 불명확한 상태이다.

수리모형의 모의 흐름과 비교할 때, 실제 흐름은 수심이 증가하는 경향을 나타냄

고덕천 1개 하천을 대상으로 실제 흐름에 가까운 1m 간격 하천 단면을 이용한 수리모형의 모의결과와 기존 하천정비기본계획에서 구축한 50m 간격 하천 단면을 이용한 수리모형의 모의결과를 비교하였다. 두 결과를 비교하여 실제 하천 흐름 추정방법을 도출한 결과, 50m 간격의 하천단면을 이용한 모의 흐름 대비 실제 흐름은 평균수심이 25.7% 증가하고, 평균유속은 33.8% 감소하는 것으로 나타났다. 비록 고덕천 1개 하천을 대상으로 한 검토이지만, 단면 개소수의 증가와 상류 수위를 증가시키는 배수위 영향으로 인해 평균수심이 통계적으로 증가하는 일반적인 경향을 확인할 수 있었다.

추가 연구를 통한 충분한 자료 확보로 일반화된 변형률 도출 필요

모의 흐름과 실제 흐름의 차이를 나타내는 변형률은 서울시 하천유지용수 산정방법을 실제 하천 흐름을 파악할 수 있게 하는 중요한 변수이다. 고덕천을 대상으로 모의유량에 따른 변형률의 변화는 확인하였지만, 하천 특성, 하천시설물 영향 등은 자료 부족으로 파악하지 못한 상태이다. 따라서 실제 하천 흐름 추정에 필요한 변형률을 일반화할 수 있도록 추가 연구를 통하여 충분한 자료를 확보할 필요가 있다.

I. 하천유지용수 공급량 산정 현황 및 문제점

I 하천 평균 저수로 폭과 흐름 기준을 고려하여 유지용수 공급량 산정

서울시는 17개 하천에 생태 및 경관 목적의 하천유지용수를 공급 중

- 서울시는 총 17개 하천에 대하여 유지용수를 공급 중이며, 정릉천·장지천 등에 대한 유지용수 추가 공급 공사를 진행 중임
- 대부분의 유지용수는 하천수와 처리수 재이용을 통하여 공급하고 있으며, 물재생센터로 흘러들어가는 유출지하수의 활용성을 극대화하기 위하여 하천유지용수로 적극적으로 활용 중임
- 하천여과수로 하천유지용수를 공급하고 있는 홍제천, 불광천, 반포천, 세곡천, 고덕천은 공급량 부족으로 하천수로 공급할 계획을 수립 중
 - 하상여과수를 이용하는 방법은 기상, 계절적 편차 등의 영향으로 공급량이 변함
 - 미세한 입자 등의 오염물질이 여과층에 축적하여 발생하는 여과층 폐색으로 공급량은 지속적으로 감소하여 2~3년 경과 후 공급량 부족이 발생
 - 하천수의 수질변화에 따라 공급수질이 변동되므로 지속적인 모니터링 없이는 유지관리가 어려움



출처: 서울특별시, 2025, 하천 및 도시관리용수 공급 기본계획

[그림 1] 서울시 하천유지용수 공급 현황

하천기본계획의 하천유지용수 공급량은 수면폭과 흐름(유속, 수심) 기준을 개념적으로 적용하여 산정

- 하천 경관 및 생태계 보호를 위하여 필요한 하천유량을 고려하여 필요유량 산정
 - 하천 경관 보전을 위한 필요유량
 - 수면폭(W)과 하천폭(B)의 비(W/B) 20% 이상, 유속 0.1 ~ 0.2m/s 이상, 수심 0.1 ~ 0.2m 이상을 적용하여 하천경관 보전을 위한 필요유량 산정
 - 하천 생태계를 고려한 필요유량
 - 생태학적, 사회적 중요도와 보호종 등을 고려한 하도구간별 대표종과 대리종 선정 후, 생물의 서식 및 산란에 필요한 유속 및 수심 기준으로 필요유량 산정

하천유지유량 산정식(기준 산정 방법)

$$Q = W \times V \times D$$

여기서, Q : 필요(목표)유량(m³/s), W : 수면폭 또는 저수로폭(m), V : 유속기준(m/s), D : 수심기준(m)

- 서울시 하천기본계획에서 하천경관 보전을 위한 필요유량의 흐름(수심, 유속) 산정기준은 하천권역별로 다르게 적용한 바 있음([표 1] 참조)

[표 1] 서울시 하천기본계획의 하천경관 보전을 위한 필요유량 산정기준

기준 구분	중랑	탄천	서남	난지
수면폭 비(%)	20	20	20	20
유속(m/sec)	0.2	0.3	0.2	0.2
수심(m)	0.2	0.3	0.1	0.2

자료: 서울특별시, 2012~2015, 하천기본계획 보고서

하천 특성을 고려한 1차원 수리모형(HEC-RAS 모형)의 필요유량 산정

- 하천기본계획의 홍수량 산정에 이용한 수리모형 HEC-RAS를 활용해 유속, 수심 산정
- 풍부한 유량감을 느낄 수 있는 대표 하천인 청계천의 흐름 기준을 적용함
 - 청계천은 초기 하천유지용수 공급량을 120,000m³/일로 과대하게 적용했으나,
 - 현재 시민의 만족감을 유지할 수 있는 40,000m³/일의 최적 공급량으로 운영 중임

평균 수면폭 기준	각 하천별 분석 구간의 수면폭 유지(저수로 형상 수정 불가)	서울시 대상하천 적용시 설계인자 제외
평균 수심 기준	청계천 친수지구 평균수심 범위인 13.4 ~ 27.1 cm 적용	최소수심 10cm 도출
평균 유속 기준	청계천 친수지구 평균유속 범위인 0.28 ~ 0.59 m/s 적용	최소 기준 0.28 m/s 도출
풍부한 유량감 기준	수심 0.3m 기준 적용	전구간 10% 이상 적용

1. 유지용수 공급에 따른 흐름 상태 분석: 청계천 친수구간의 흐름특성(수심, 유속) 검토
2. 흐름특성(수심 및 유속) 반영: 수체(수중보, 징검다리 등) 고려하지 않은 상태의 유속은 평균 0.28m/sec 이상, 수심 10cm 이상
3. 풍부한 유량감 고려: 수심 30cm 이상의 풍부한 유량감을 느낄 수 있는 구간 10% 확보

출처: 서울특별시, 2025, 하천 및 도시관리용수 공급 기본계획

[그림 2] 청계천 하천 흐름을 고려한 하천유지유량 산정기준

I 기존 유지용수 공급량 산정 문제점 및 개선 방안

수면폭과 흐름 기준을 활용한 기존 하천유지유량 산정방법 한계

- 유속과 수심의 흐름 기준, 수면폭 기준 두 가지 인자만으로 편리하게 산정할 수 있음
- 하천의 서로 다른 외부 환경을 고려하기 위해 하천유지유량을 경험적으로 조정함
- 실제 하천의 물리적 특성을 반영하지 못해 실제 흐름을 모의하는 데 한계가 있음
 - 하천 유속은 주요 인자인 하도 경사에 지배적인 영향을 받으며, 하천 경사가 급해질수록 유속은 증가하는 양의 상관성을 나타냄
 - 특정 경사 및 수면폭 조건을 제외한 일반 하천에서는 수심과 유속 기준 중 단 하나의 기준만 하천유지유량 산정에 실질적으로 작용함
 - 이러한 복합적인 요인으로 인해 기존의 하천유지유량 산정 방법은 실제보다 과소 산정되는 경향을 보임

1차원 수리모형(HEC-RAS)을 이용한 산정방법 한계

- 수리모형을 활용해 하천유지용수를 산정하는 방법은 하천 경사, 하도 거칠기(조도계수) 등 하천 특성에 따른 하천 흐름 모의결과를 활용하여 실제와 유사한 하천 흐름을 적용할 수 있음
- 모형의 한계로 동일한 하천 흐름 모의가 어려움
 - 계측 정밀도와 모형 구축의 시간과 비용의 한계로 인하여 실제 하도 특성을 완전하게 반영하여 모형을 구축하기 어려움
 - 수리모형의 수치해석 과정에서 몇% 수준의 오차가 발생함
- 하천 전 구간의 흐름을 산정함에 따라서 흐름 기준과 비교할 흐름의 대푯값 선정 어려움
 - 「하천 및 도시관리용수 공급 기본계획(2025)」에서 하도 구간이 급격하게 변하는 홍수량 산정지점으로 나눈 구간의 통계적 대푯값인 평균값을 활용함
 - 급경사, 완경사, 넓은 하천, 좁은 하천, 곡선구간 등 다양한 하천 형상에 따른 변화를 고려한 구간별 흐름 특성을 반영할 필요가 있음

하천유지유량 산정방법에서 실제 하천 흐름 모의 정도 개선 필요함

[표 2] 기존 유지용수 공급량 산정방법 문제점 및 개선

구분		하천유지용수 공급량 산정방법 문제점				
		경험적 적용	실제 흐름	기준 일관성	시간적 변화	흐름 대푯값
기존 방법	수면폭, 흐름 기준	○	○	○	○	×
	수리모형 활용	×	△	×	×	△
본 연구의 개선 내용		×	×	×	×	△

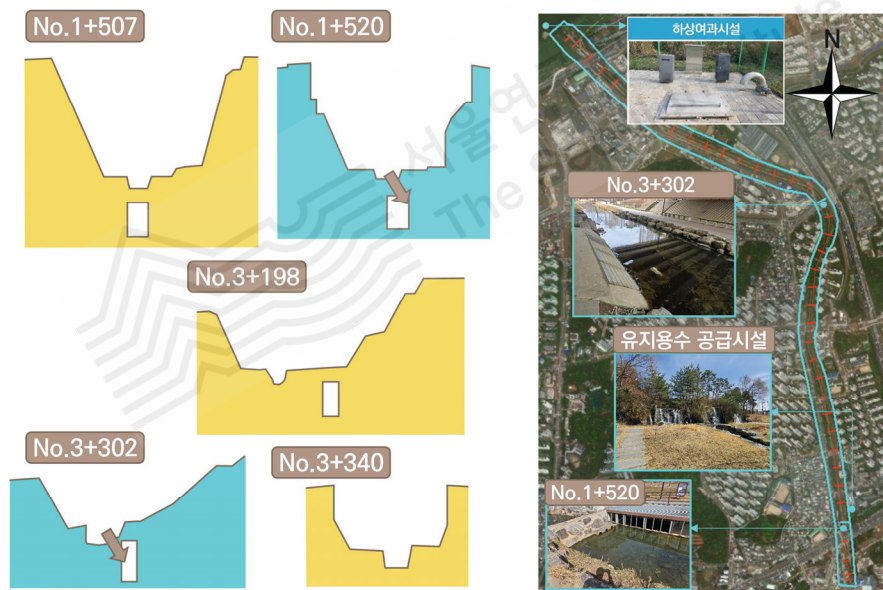
참조: 문제 정도를 큼(○), 중간(△), 적음(×)으로 구분함

II. 분석 대상 하천 현황

I 실제 하천 흐름 분석을 위한 대표 하천으로 고덕천 선정

고덕천은 하상여과를 통하여 유지용수를 공급하고 있으며, 하천 단면은 이중하천임

- 하천유지용수 공급시설 계획을 위한 사업의 우선순위가 높은 고덕천을 분석 대상 하천으로 선정함
- 고덕천은 이중하천이며, 상류와 중류 2개 지점에서 하천유지용수를 초과한 하천수를 지하 하천으로 유도하는 하천 시설물이 위치함
 - No.1+520, No.3+302 지점에 위치한 하천 시설물이 지상 하도의 시설용량 초과 유지용수를 지하 하천으로 유도함
 - No.3+302 지점에서 경기도에서 흘러든 하천수가 지하 하천으로 유입되지 않았지만, 고덕천 중류 No.1+520 지점에서는 일부 하천수가 지하 하천으로 유입됨



[그림 3] 고덕천 하천단면 및 하천유지용수 공급시설 현황

- 한강의 하상여과수 10,000m³/일을 상일3교 하류에 하천유지용수로 공급하고 있음

[표 3] 고덕천 하천유지용수 공급시설 현황

취수시설	가압시설	공급관로	시설용량(m³/일)
방사형집수정(한강)	7.0m³/분×36mH×2대	D400mm L=3.6km	10,000

자료: 서울특별시, 2025, 하천 및 도시관리용수 공급 기본계획

I 하천 흐름에 영향을 미치는 시설물인 징검다리, 수중보 등 현황 조사

고덕천 내 하천 흐름에 영향을 주는 하천시설물은 징검다리, 수중보가 있음

- 고덕천의 하천 흐름 관련 시설물은 여울목 1개소, 징검다리 12개소, 자연형 보 13개소가 있음
- 고덕천 최하류에 위치한 고덕1여울은 지하 하천과 합류되는 지점에 위치하며, 고덕천 하류에서 수위 유지 기능을 담당함
- 13개소 자연형 보(보와 여울) 중 1개소는 3월 현장 조사 중 조사물량에서 제외함
 - 하류 공사로 인하여 보와 여울이 잠긴 상태로써 육안으로 시설물 구분이 어려움

하천유지용수 공급량 증가로 하천 흐름에 영향을 줄 수 있는 하천 시설물은 인도교가 있음

- 하천유지용수 공급량 증가에 따른 수위 상승으로 인도교 여유고가 부족할 경우에 인도교도 지장물로 작용할 수 있음



[그림 4] 고덕천 하천시설물 현황

I 드론 측량에 의한 하천 단면 자료 확보와 하천 흐름 변화 조사 실시

짧은 연구기간 내, 경제적인 수 미터 간격의 하천단면 자료 확보를 위해 드론 측량 이용

- 드론의 LiDAR, 카메라 센서를 이용하여 하천단면 자료를 확보할 수 있음
 - LiDAR 자료를 이용하여 직접 DTM(Digital Terrain Model, 수치지형모델)을 구축할 수 있지만, 카메라 센서로 측정된 항공사진으로는 DTM을 직접 구축할 수 없음

- 항공영상은 PIX4D 프로그램과 같은 3차원 영상복원 소프트웨어를 활용하여 DTM을 구축할 수 있음

하천 흐름에 영향을 미치는 하천시설물의 영향 분석을 위한 유량, 유속 및 여유고 측정

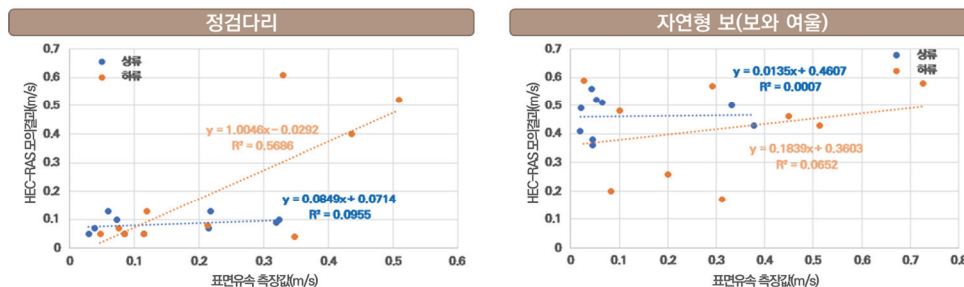
- 하천 구간별 유량변화 분석을 위하여 9개소 유량 측정
- 하천 시설물에 따른 유속변화 분석을 위하여 징검다리와 자연형 보(보와 여울) 총 24개 지점 유속 변화 측정
- 하천유지용수 공급량 증가에 따른 영향 검토를 위하여 15개 인도교 하부 여유고 측정



[그림 5] 고덕천 하천시설물에 따른 흐름변화 조사

하천시설물의 영향을 측정자료와 모의결과 비교 결과 유의미한 상관성이 나타나지 않음

- 징검다리 12개소, 자연형 보(보와 여울) 12개소 상하류의 유속변화를 검토한 결과, HEC-RAS 모의결과와 유의미한 상관성이 나타나지 않음



[그림 6] 하천시설물 표면유속 측정값과 HEC-RAS 모의결과 상관성

Ⅲ. 하천 조사 방법 및 실제 하천 모의방법 개선

Ⅰ 무인비행장치(드론) 측량을 통한 수 미터 간격 단면 자료 확보방안 모색

하천 단면 실측값은 GPS 측량으로 조사하며, 시간과 비용 절감을 위한 단면측량은 드론 활용

- 하천기본계획 수립을 위한 하천 단면측량 방법은 항공사진 측량, 지상현황 측량(T/S, GPS), 무인 비행장치 측량(드론)이 있음
 - 단면 측량에 사용하는 측량기구는 T/S(토탈 스테이션, Total Station)와 GPS(위성 항법 시스템, Global Positioning System)가 있음
 - 하천기본계획의 측량은 정확도 높은 T/S를 이용하지만, 많은 시간과 비용이 소요됨

[표 4] 하천 단면 측량기기 비교

특징	T/S (토탈 스테이션)	GPS 측량기
작동 원리	기준점에서 각도 및 거리 직접 측정	위성 신호 수신을 통한 위치 계산
주요 사용처	실내, 지하, 장애물이 많은 지역, 정밀 시공 측량	실외, 넓은 지역, 접근이 어려운 지역
정밀도	매우 높음 (mm 단위)	높음 (RTK 사용 시 cm 단위)
시야 확보	필수적 (기계와 목표물 간)	불필요 (위성 신호 수신에 중요)
작업 효율성	상대적으로 느림 (설치 시간 소요)	빠름 (이동하며 즉시 측정 가능)

- 드론 측량 기술은 라이다(LiDAR, Light Detection and Ranging) 또는 디지털 항공사진(DAP, Digital Aerial Photogrammetry)을 이용함
 - 위성(GNSS, Global Navigation Satellite System) 또는 관성측정장치(IMU, Inertial Measurement Unit)를 이용하여 위치정보를 수집함
 - 정확도 향상을 위하여 실시간(RTK, Real Time Kinematic) 또는 후처리공정(PPK, Post Processing Kinematic)으로 위치정보를 보정함
 - 디지털 항공사진은 3차원 구조 복원 기법(SfM, Structure from Motion)을 이용하여 DTM을 구축하며, 보정점(지상기준점, GCP, Ground Control Point)을 이용하여 정밀도를 높임

[표 5] 드론 측량 방법 비교

구분	LiDAR	디지털 항공사진
원리	레이저 펄스를 지표면에 발사하여 반사 시간 (TOF, Time of Flight)을 측정 → 고도 계산	고해상도 RGB 사진을 여러 각도에서 촬영 → 영상 중첩으로 3D 위치 추정
센서 종류	레이저 스캐너 + 위성 + 관성측정장치	카메라 + 위성 + 관성측정장치
출력 데이터	레이저 반사 시간으로 거리 직접 측정	중첩된 항공사진으로 DTM 구축
식생 관통	정밀 점군(Point Cloud) 및 DEM(Digital Elevation Model)	고해상도 3D 모델 및 정사영상
정확도(Z)	±3~5cm (RTK/PPK 적용 시)	±10~20cm (GCP 사용 시 ±5~10cm)
장비 비용	고가 (수천~수억 원)	저가 (수백~수천만 원)
대표 소프트웨어	LiDAR360, TerraScan, ArcGIS Pro 등	Pix4D, AgisoftMetashape, DJI Terra 등

I 무인비행장치(드론) 측량을 통한 수 미터 간격 단면 자료 확보방안 마련

드론 센서별 DTM 구축결과를 비교하면, 수면을 제외한 나머지 구간에서 LiDAR 정확도 높음

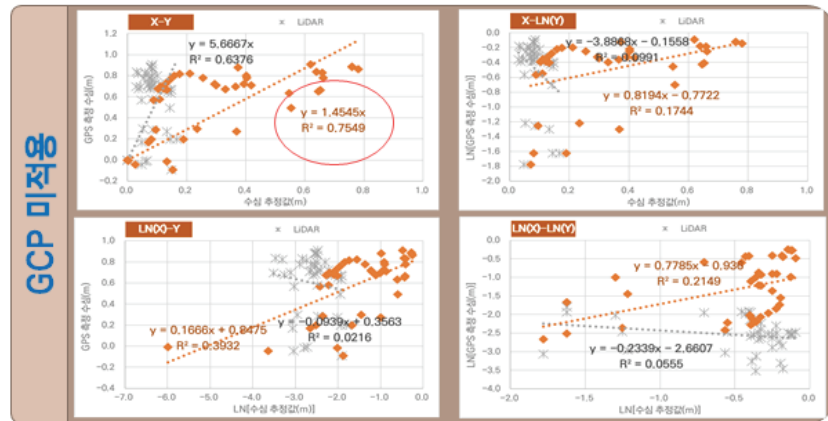
- 하천 단면을 고수부지, 수변, 수면 3개 구간으로 나눌 때, 수면을 제외한 나머지 구간에서 LiDAR로 DTM을 구축한 결과가 편차가 가장 적음
 - 육지부
 - LiDAR: 평균 수 cm 이내 편차
 - PIX4D(DAP): GCP 적용 시 안정적
 - 정밀도 높고 전반적으로 안정적
 - 수제선(육지부와 수면부의 경계선)
 - 수면 반사 영향으로 PIX4D 편차 증가
 - LiDAR는 상대적으로 안정적
 - 수면 근접부에서 반사 범위 증가로 오차 확대 가능
 - 수면부
 - LiDAR의 수면 반사로 편차 증가
 - PIX4D는 수면 반사로 오차 범위 더 커짐
 - 하천 DTM 구축 시 수면부 직접 DEM 생성 한계 존재 → 개선 필요

[표 6] DTM 구축방법별 DTM과 GPS 측량값 비교결과

DTM 구축방법 구분	통계 구분	공간별 편차(m) 통계값		
		육지부	수제선	수면부
LiDAR	최소	-0.072	-0.203	-0.099
	최대	-0.05	0.335	0.911
	평균	-0.061	0.067	0.512
	표준편차	0.01	0.082	0.202
항공사진 (보정점 미적용)	최소	0.352	-0.524	-2.794
	최대	0.404	0.765	1.199
	평균	0.384	0.497	0.675
	표준편차	0.022	0.197	0.343
항공사진 (보정점 적용)	최소	-2.039	-1.939	-1.292
	최대	0.352	0.567	0.998
	평균	-0.821	0.222	0.571
	표준편차	1.172	0.28	0.241

수면부와 육지부의 DTM 구축 방법 개선을 통한 수 미터 간격 하천단면 확보방안 마련

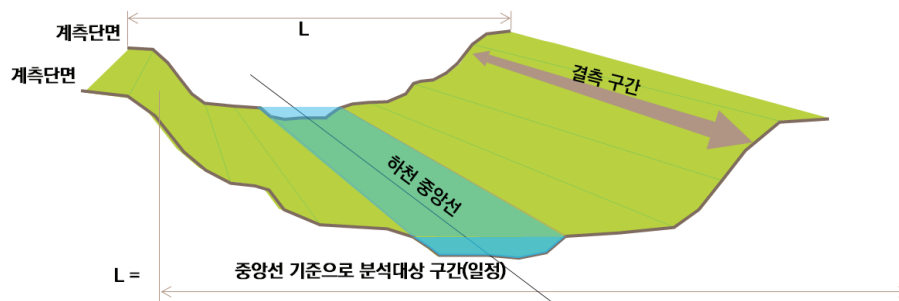
- 육지부는 LiDAR 센서를 통하여 정밀한 DTM 구축이 가능하지만, LiDAR 수면반사로 수면부는 정밀한 DTM 구축이 어려움



[그림 8] 고역천 회귀분석을 통한 굴절률 산정 결과

계측 단면의 선형보정을 통하여 하천 단면 결측 구간의 자료 보정을 실시

- 하천 단면 자료 추출이 불가능한 결측 구간(DTM gap)은 드론 측량 과정에서 교량, 인도교와 같은 지장물의 영향과 수면부 하상고 산정 과정에서 징검다리과 같은 급격한 수심 변화, 부유물, 반사광의 다양한 원인에 의한 계산 오류로 발생함
- 결측 구간의 단면 자료는 상류와 하류의 계측 단면을 선형적으로 보정하여 확보함
 - 전체적인 변화특성을 고려하여 결측 구간을 복원하는 일반적인 복원 방법은 하천의 연속성을 확보하기 어려움
 - DTM 결측구간 복원방법은 보간법, 삼각망 기반 보정, 라스터공간 보간, 수문 지형 기반 보간, 다중소스 융합 보정, 수문학적 후처리 등 다양한 방법이 있음
 - 하천지역은 흐름(Flow Direction) 확인 후, DTM 보정(Fill)을 수행하는 수문학적 후처리 방법이 권장됨
 - 결측구간 기존 보간법은 고수부지 지표고의 영향으로 저수로 하상고가 상승하여 하천에 적용하기 어려움
 - 하천 중앙선을 기준으로 상류와 하류의 계측단면의 폭을 동일하게 적용한 선형 보간을 통하여 결측 구간 단면 자료를 확보함

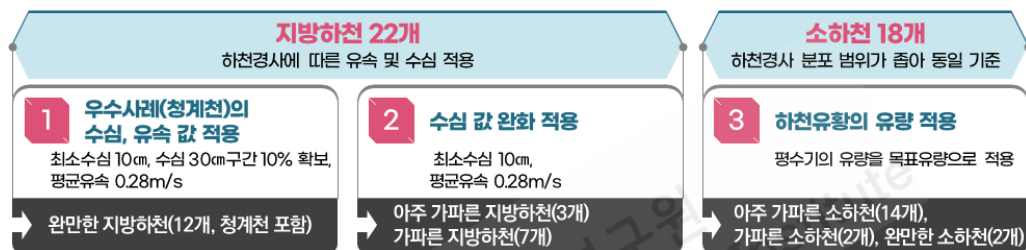


[그림 9] 하천 단면 결측 구간 개선방법(안)

I 수리모형 활용 및 실제 하천 흐름을 고려한 목표유량 산정방법 마련

서울시는 수리모형을 활용한 하천유지용수 공급량 산정방법을 제안한 바가 있음

- 서울시는 청계천 유지용수 공급 사례를 기준으로 수리모형을 활용한 하천 흐름 산정 결과를 구간 별로 적용하여 목표유량 산정 방법을 제안함
 - 하천 경사가 급한 하천의 목표유량이 과대하게 산정되는 결과를 개선하기 위하여 급경사 하천은 수심 기준을 완화하여 적용
 - 지방하천 상류에 위치하여 대부분 급경사인 소하천은 서울시 소하천정비기본계획 사례 분석을 통하여 평상시 유황을 목표유량으로 제시함

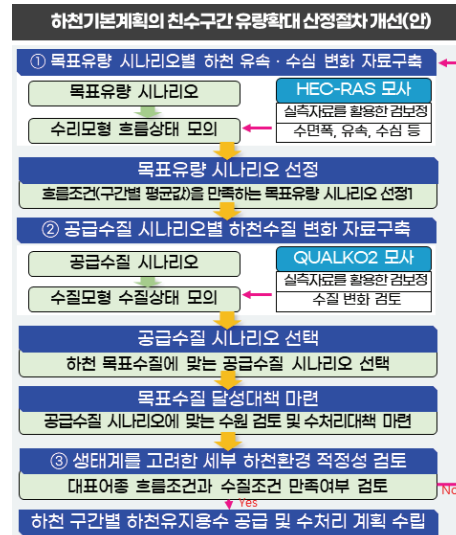


출처: 서울특별시, 2025, 하천 및 도시관리용수 공급 기본계획

[그림 10] 서울시 수변감성을 고려한 하천유지용수 목표유량 산정 사례

실제 하천 흐름을 고려한 하천유지용수 공급량 산정방법은 수리 및 수질 모형을 활용한 서울시 산정방법이 가장 합리적

- 실제 하천 흐름을 고려한 최근 서울시 목표유량 산정 방법을 기준으로 하천유지용수 공급량 산정 방법을 검토함
 - 최근 서울시는 수리 및 수질 모형을 활용한 하천유지용수 목표유량 산정방법을 제안함
 - 개념적 방법, 회귀식을 활용한 방법 등 다양한 산정방법 중 서울시 산정방법이 실제 하천 흐름을 고려함
 - 하천 흐름을 실측하는 것은 많은 비용과 시간이 소요되며 하천 시설물의 변화에 따른 하천 흐름 측정은 더욱 어려움
 - 다양한 요인에 영향을 받는 하천 흐름을 정확하게 모의하기는 어렵지만, 지형에 따른 하천 흐름을 모의하므로 실제 하천 흐름과 유사한 특성을 나타냄
 - 실제 하천 흐름을 고려한 유지용수 산정방법 개선을 위해 하천단면 정확도의 영향 분석 필요
 - 실제 하천 흐름 모의에 악영향을 미치는 요인 중 실제 하천단면을 정확하게 반영하지 못하는 문제가 가장 크다고 할 수 있음
 - 실제 하천 단면 변화를 정확하게 고려할 경우, 모의결과와 실제 흐름의 차이는 개선됨
 - 따라서 실제 하천 단면을 적용하여 실제 흐름과 차이를 검토할 필요가 있음



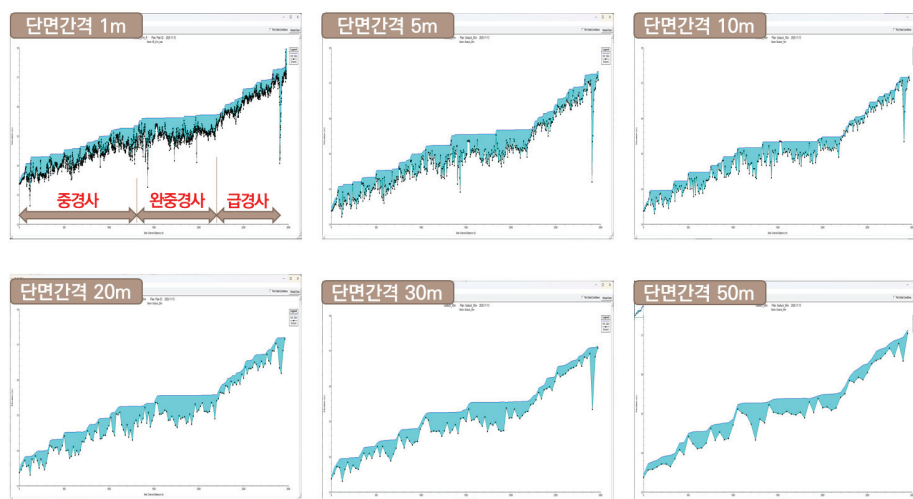
출처: 서울특별시, 2025, 하천 및 도시관리용수 공급 기본계획

[그림 11] 서울시 수리·수질 모형을 활용한 목표유량 산정 흐름도

I 하천 단면 간격에 따른 하천 흐름 모의결과 변화 분석을 통해 검토

1m 간격의 하천 단면 자료를 활용해 실제 흐름과 모의 흐름을 계산할 수리모형 구축

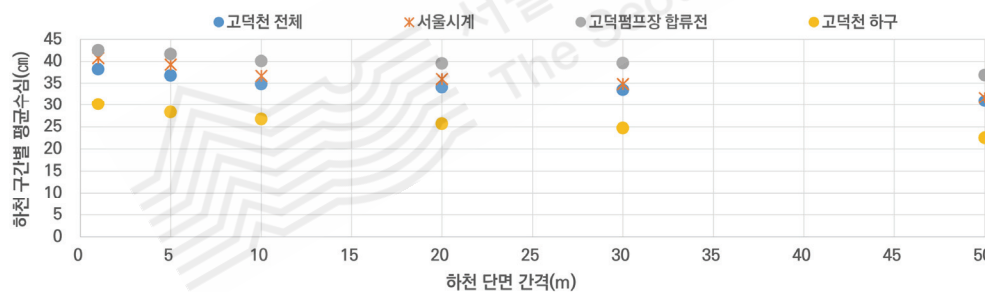
- 하천 단면의 최소 간격 1m를 기준으로 단면 간격 5m, 10m, 20m, 30m, 50m의 6개 HEC-RAS 1차원 수리모형 구축
- 고덕천 현재 유지용수 공급량 10,000m³/일과 하천유지용수 계획공급 목표유량 30,000m³/일을 고려하여 계획에 적용할 가능성이 큰 9개 시나리오의 HEC-RAS 모형 유량 입력자료 결정



[그림 12] 단면간격별 HEC-RAS 수리모형 구축 현황

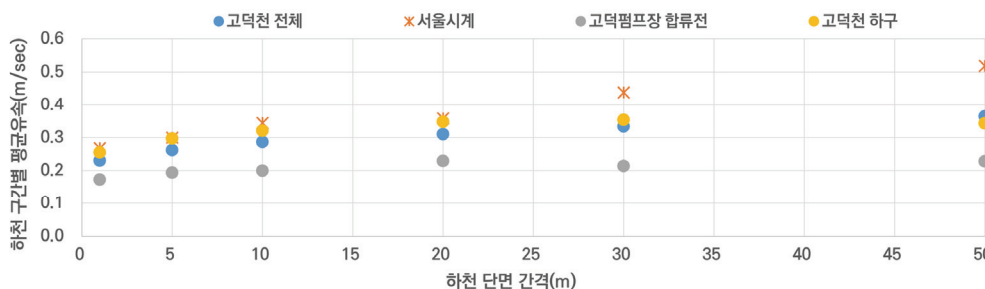
수리모형을 활용한 실제 하천 흐름과 모의 흐름의 비교 분석 결과

- 1m 단면 간격 HEC-RAS 모형 모의 결과인 실제 흐름과 50m 간격의 모의 흐름을 비교함
 - 고덕천 전 구간의 실제 하천 흐름을 조사하는 것은 어려우며, 모의 결과 중 1m 간격 하천 단면의 수리모형(HEC-RAS) 모의 결과가 실제 하천 흐름과 가장 유사함
 - 서울시 하천 기본계획 수립에 이용한 50m 간격의 하천 단면을 적용한 HEC-RAS 모형의 모의 결과는 대표적인 모의 흐름임
- 1m 간격 모의결과인 실제 흐름과 50m 간격의 모의 흐름을 비교한 결과, 실제 흐름의 수심은 모의 흐름과 비교하여 평균 25.7% 증가함
 - 계획 목표유량 30,000m³/일 기준, 모의값과 비교하여 실제 평균수심은 구간별로 15.5~34.4% 증가함
 - 바닥고가 높은 단면의 영향으로 상류 수위가 형성되어 모의에 적용하는 단면이 많아지면, 수위와 바닥고의 차이인 수심은 증가할 확률이 높아짐
 - 수위 상승으로 물 흐름이 방해받으면 상류 방향으로 수위가 높아지는 배수효과(Backwater Effect)가 발생하며, 배수효과로 바닥고 최대인 단면에 의해 수위가 형성됨
 - 확률적으로 시행 횟수(표본의 수)가 증가할수록 최댓값은 증가하는 경향을 나타내므로 단면 개소수가 많아지면 수위가 증가할 확률이 커져 수위와 바닥고 차이인 수심은 깊어짐



[그림 13] 고덕천 단면 간격에 따른 구간별 평균수심 변화

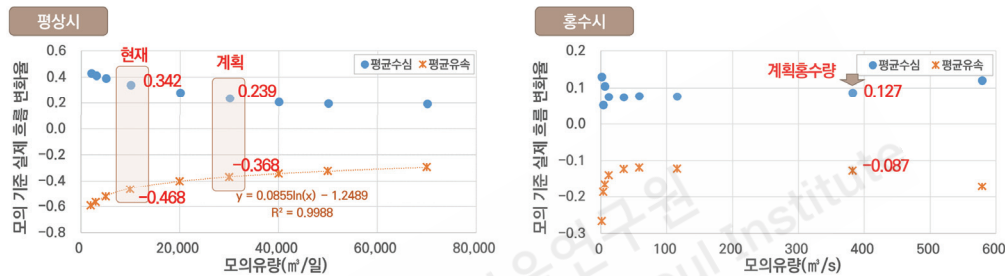
- 고덕천 실제 흐름의 유속은 모의값과 비교하여 평균 33.8% 감소함
 - 계획 목표유량 30,000m³/일 기준, 고덕천 평균수심 증가로 인해 실제 평균유속은 모의값과 비교하여 구간별로 24.4~48.4% 감소함



[그림 14] 고덕천 단면 간격에 따른 구간별 평균유속 변화

변화율로 실제 하천 흐름을 추정하는 하천유지용수 공급량 산정방법 제안

- 실제 하천 흐름은 50m 단면 간격의 모의 흐름에 유량별 변화율을 적용하여 추정할 수 있음
 - 모의한 하천 흐름과 실제 흐름의 차이를 나타내는 변화율은 0에 수렴함
 - 변화율을 하천 흐름 모의값에 적용하면 실제 흐름을 추정할 수 있기 때문에 모의결과 보정에 활용할 수 있음
- 추가적으로 계획홍수량 부근의 모의유량에 따른 변화율은 에너지 손실 과대평가로 인해 발산함
 - 계획홍수량 부근 변화율 발산은 에너지 손실의 과대 산정에서 기인한 것으로 판단되며, 그 영향은 10% 미만으로 나타남
 - 수리모형의 단면 간격을 너무 좁게 선정하면, 하천의 마찰 및 수축/확대 손실(contraction and expansion loss)의 과도한 누적 산정으로 계산 오차가 발생함



[그림 15] 단면간격에 따른 유속 모의값 변화

- 변화율을 적용한 실제 하천 흐름 산정방법을 고덕천의 실제 유속 추정에 적용한 결과, 해당 방법을 통해 실제 하천 흐름을 추정할 수 있는 것으로 나타남
 - 고덕천 수리모형으로 모의한 유속에 변화율을 적용하여 실제 유속을 추정한 결과, 추정값과 실제 유속의 편차는 거의 없음
 - 하천 특성과 구간 및 모의유량에 따른 일반화된 변화율이 도출되면, 하천 정비 기본계획상의 수리모형 모의결과만으로 실제 하천 흐름 추정이 가능함

[표 7] 유속 모의값과 변화율을 이용한 고덕천 실제 유속 추정 결과

구분		모의유량(m³/일) 구분								
		2,000	3,000	5,000	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000	70,000
고덕천 전 구간 평균유속 (m/sec)	모의값	0.14	0.16	0.20	0.25	0.31	0.36	0.40	0.44	0.50
	실제	0.06	0.07	0.09	0.13	0.19	0.23	0.27	0.30	0.35
	추정결과	0.06	0.07	0.09	0.13	0.19	0.23	0.27	0.30	0.35

실제 유속 추정값 = 유속 모의값 × (1+변화율) = 유속 모의값 × {1+[0.0855 LN(모의유량) - 1.2489]}

- 많은 추가 자료 확보를 통하여 실제 하천 흐름을 추정할 수 있는 일반화된 변화율 산정 필요
 - 유역면적, 하천 경사 및 모의유량 등 다양한 하천 인자를 고려한 변화율을 도출하면, 기존 하천기본계획의 수리모형의 모의결과만으로 실제 흐름 추정이 가능함

Ⅳ. 하천유지용수 공급량 산정방법 개선방안

Ⅰ 실제 하천 흐름을 고려한 하천유지용수 공급량 산정방법 제안

1차원 수리모형의 하천 흐름 모의 결과를 통해 실제 하천 흐름을 추정할 수 있는 방법 제안

- 수 미터 간격의 하천 단면 자료 확보 방안 제안
 - 드론 측량을 활용한 수 미터 간격 하천 단면 자료 확보 방법 제안
 - 구축시간이 짧고 경제적인 드론을 활용하여 하천 단면 자료 구축 제안
 - LiDAR의 수면 빛 반사로 인하여 직접 측량할 수 없는 수면부의 하상고 자료 확보 방법으로 항공사진 중첩을 통한 DTM 구축방법 제안
 - 방해물과 DTM 구축 과정의 오류로 발생하는 결측구간의 단면 자료를 하천 중앙선 기준 동일한 길이의 계측단면 선형보정을 통해서 확보하는 방법을 제안
- 실제 하천 흐름 추정방법 제안
 - 변화율을 활용한 실제 하천 흐름 추정방법 제안
 - 일반화된 변화율 산정을 위한 추가 연구 제안

주요 추진전략

주요 과제	추진전략
수 미터 간격의 하천 단면 자료 확보 방법 제안	- 드론 측량을 활용한 수 미터 간격 하천 단면 자료 확보 방법 제안 · 드론을 활용한 하천 단면 자료 구축 흐름도(안) · 항공사진을 활용한 수면부 하상고 구축 방법 · 계측단면의 선형보정을 통한 결측구간 자료 보정 방법
실제 하천 흐름 추정방법 제안	- 변화율을 활용한 실제 하천 흐름 추정방법 제안 - 일반화된 변화율 및 적정 단면간격을 위한 추가 연구 제안

I 수 미터 간격의 하천 단면 자료 확보 방법 제안

드론 측량을 활용한 수 미터 간격 하천 단면 자료 확보 방법 제안

- 드론을 활용한 하천 단면 자료 구축 흐름도(안)
 - 드론 측량을 통하여 하천 단면 자료를 구축할 수 있지만, 정밀한 LiDAR 센서는 육지부 단면 구축엔 용이한 반면, 수면부 자료 구축엔 LiDAR의 빛 반사로 인하여 어려운 실정임
 - 고덕천을 대상으로 하천 단면 자료 구축 방법을 모색한 결과, 육지부와 수면부로 나누어 단면 자료 확보방법을 제안함
- 항공사진을 활용한 수면부 하상고 구축 방법
 - 수면부 하상고 구축 방법 검토를 위하여 고덕천을 대상으로 GPS 하상고 측정자료와 하상고 산정방법의 비교 분석을 통하여 적절한 구축방법을 모색함
 - 중첩된 항공사진을 활용한 DTM 구축방법을 이용해 수제선 지상고 기준 하천 단면의 빛 굴절 보정 전 수심 산정방법을 제안함
 - 굴절률을 활용해 실제 수심을 산정하고, LiDAR 자료로 산정한 수제선의 해발고도를 적용하여 수면부 하상고 보정방법을 제안함
- 계측단면의 선형보정을 통한 결측구간 자료 보정 방법
 - 드론 측량은 일정 고도에서 LiDAR 및 사진 센서를 활용해 측정하기 때문에 교량과 같은 지장물에 의한 결측구간이 발생하며, 지상고와 하상고를 산정하는 과정에서 다양한 오류로 결측구간이 발생함
 - 결측구간의 보정방법으로 저수로 구간의 연속성을 확보할 수 있는 계측단면 간의 선형보정 방법을 제안함

I 실제 하천 흐름 모의를 위한 수리모형 구축방안 제안

변화율을 활용한 실제 하천 흐름 추정방법 제안

- 서울시 하천유지용수 공급량 산정방법의 실제 하천 흐름 고려 여부 검토 필요
 - 서울시는 기존 개념적 방법의 하천유지용수 공급량 산정방법을 개선한 수리 및 수질 모형을 활용한 하천유지용수 공급량 산정방법을 제안함
 - 기존 홍수량 산정에 이용된 50m 간격의 수리모형을 활용하여 하천 흐름을 모의할 경우 실제 하천 흐름과 어느 정도 차이가 발생하는지는 명확하지 않은 상태

- 실제 하천 흐름과 수리모형의 하천 흐름 모의결과 비교를 통하여 수리모형의 모의결과를 활용한 실제 하천 흐름 추정방법을 마련함

일반화된 변화율 산정과 적정 하천 단면 간격 검토를 위해 추가 연구 제안

- 많은 하천의 추가 연구를 통하여 하천 특성, 구간 등 다양한 인자에 따른 일반화된 변화율을 산정하는 추가 연구를 제안함
 - 모의 흐름과 실제 흐름의 차이에 대하여 고덕천 1개 하천의 적은 자료로 하천 구간별, 특성별, 모의유량 등 다양한 인자에 따른 일반화된 변화율 산정이 어려움
 - 추가 연구로 다양한 하천의 하천 특성, 모의유량 등 관련 인자별 실제 흐름과 모의 흐름의 비교분석을 통하여 일반화된 변화율 산정을 제안함
- 분석 대상 하천 추가 연구를 통하여 수치해석 시 권장 하천 단면 간격 제시 필요함
 - 고덕천 1개 하천 적용 결과로 다양한 하천 특성 및 구간별 권장 하천 단면 제시가 어려움
 - 많은 하천 적용 사례 분석으로 다양한 하천 특성 관련 인자별 실제 하천 흐름 모의가 가능한 적정 하천 단면 간격 제시 필요
 - 하천 수치해석에서 단면의 위치와 간격 설정은 해석의 정확도, 효율성, 신뢰도를 결정짓는 핵심 요소
 - 하천의 형상(직선·곡류), 구조물의 위치, 합류부, 하상 경사 변화, 해석 목적(설계, 유지유량, 수질평가 등)에 따라 가변적 설정 하천 규모에 따라 단면 설정 필요

[표 8] 수리모형 구축을 위한 적정 하천 단면 간격(예제)

구간 유형	권장 간격(적정 하천 단면 간격)		특징 및 이유
	소하천	대하천	
직선부	30~50m	150~200m (수백 미터까지 가능)	- 흐름 변화가 작음 - 계산 효율을 위해 넓게 배치
곡류부·합류부·교량·보 주변	10~20m	20~50m	- 유속·수위 변화 큼-곡률이 클수록 더 세밀히 배치-합류부 전후의 단면 추가
구조물 주변 (보, 낙차공 등)	5~10m	5~10m	- 국부 세굴, 와류 발생 가능
하상 경사 급변 구간	~10m (세밀히 배치)	20~50m	- 수리학적 특성의 변화가 큼 - 급경사 시작/종료부에 추가 단면 배치

정책
리포트
기술 분야

제450호

실제 하천 흐름을 고려한 하천유지용수 공급량 산정방법 개선



발행인 오균

편집인 이신해

발행처 서울연구원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

02-2149-1234

ISSN 2586-484X

발행일 2026년 7월 13일

디자인 박진범

인쇄·제본 세일포커스

서울연구원 정책리포트는 서울시민의 삶의 질을 향상하고

서울의 도시 경쟁력을 강화하기 위해 도시 전반의 다양한 정책 이슈를 발굴하여 분석함으로써

서울시의 비전 설정과 정책 수립에 기여하고자 작성된 정책보고서입니다.

* 이 정책리포트의 내용은 연구진의 견해로 서울특별시의 정책과 다를 수 있습니다.



06756
서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57
02-2149-1234
www.si.re.kr